

Original Research Paper

Program Pengabdian Masyarakat: Metode Pembenah Tanah melalui Kombinasi Biochar Abu Sekam dan *Bakteri Bacillus sp.* di Lahan Sawah Poktan Karya Tani Desa Kertosari

Sandy Yoga Pratama¹, Ardian Isa Fahrezi¹, Fajriansyah Aulia Firdaus¹, Afhinka Faza Naulia¹, Andini Dwi Fitriana¹, Ulfatul Islamiyah¹, Isna Khilbasa Mas'ula¹, Marcellia Maharani¹, Vivi Fitriani¹, Della Puspita², Adelia Putri Karinda³

¹Soil Science Study Program, University of Jember, Jember Regency, Jl. Kalimantan Trgalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari

²Agrotechnology Study Program, University of Jember, Jember Regency, Jl. Kalimantan Trgalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari

³Agricultural Extension Study Program, University of Jember, Jember Regency, Jl. Kalimantan Trgalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v8i4.13523>

Sitasi: Pratama, S. Y., Fahrezi, A. I., Firdaus, F. A., Naulida, A. F., Fitriana, A. D., Islamiyah, U., Mas'ula, I. K., Maharani, M., Fitriani, V., Puspita, D., Karinda, A. P. (2025). Program Pengabdian Masyarakat: Metode Pembenah Tanah melalui Kombinasi Biochar Abu Sekam dan *Bakteri Bacillus sp.* di Lahan Sawah Poktan Karya Tani Desa Kertosari. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, (4)

Article history

Received: 30 Oktober 2025

Revised: 20 November 2025

Accepted: 1 Desember 2025

*Corresponding Author: Sandy Yoga Pratama, *University of Jember*, Jember, Indonesian; Email: yogap4663@gmail.com

Abstract: Kertosari Village, Pakusari District, Jember Regency is one of the regions with relatively high rice productivity. One of the farmer groups in the village is Poktan Karya Tani who manages rice fields while also running a side business in the form of the brick industry. Community service activities aim to: increase the capacity of farmers to utilize local waste, a useful product in the form of a biofertilizer combined with biochar such as husk and bacillus sp. Community service consists of a series of activities including outreach, training in making biochar, and application of biochar. Socialization activities can increase farmers' knowledge regarding the importance of using biological fertilizers in combination with husk ash biochar. Based on the results of the comparison of pretest scores and posttest, there was an increase in farmers' understanding with an average of around 60% - 90%. increased to 100% after socialization was carried out. Potassium levels increased after applying a biological fertilizer combination of husk ash biochar and bacillus sp. Soil potassium levels reached 3.13 me/100g and continued to increase higher after 4 weeks, reaching 6.10 me/100g in the very high category. Fe levels in the soil also decreased from 1.3 ppm to 0.5 ppm.

Keywords: Biochar; Biofertilizer; Bacillus sp.

Pendahuluan

Desa Kertosari, Kecamatan Pakusari, Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah dengan produktivitas padi yang tergolong sedang, yakni sekitar 6,02 ton/ha pada tahun 2024 (BPS, 2024). Salah satu kelompok tani di desa tersebut

adalah Poktan Karya Tani yang mengelola lahan sawah sekaligus menjalankan usaha sampingan berupa industri batu bata. Aktivitas pembakaran batu bata menghasilkan limbah berupa abu sekam padi yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, meskipun abu sekam memiliki potensi

besar untuk dijadikan biochar yang bermanfaat sebagai pembenah tanah (Saputra *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil survei lapangan, produktivitas padi di lahan sawah Poktan Karya Tani mengalami penurunan dari 6 ton/ha menjadi 4 ton/ha. Gejala yang tampak di lapangan meliputi pertumbuhan tanaman padi yang tidak seragam, daun berwarna kuning terbakar yang mengindikasikan defisiensi unsur hara kalium (K), serta kondisi tanah yang padat dengan drainase buruk. Hal ini disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dalam jangka panjang tanpa diimbangi dengan pupuk organik, yang dapat berdampak pada penurunan kualitas fisik dan kimia tanah (Nasyirah *et al.*, 2015). Kondisi ini selaras dengan penelitian (Ulfiana *et al.*, 2022) bahwa lahan bertekstur *silty clay* dengan permeabilitas rendah cenderung memiliki masalah drainase dan aerasi yang berimplikasi pada rendahnya serapan hara tanaman.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas tanah adalah melalui pemanfaatan *biochar* dari limbah abu sekam yang dikombinasikan dengan bakteri tanah seperti *bacillus sp.* Biochar berfungsi memperbaiki sifat fisik tanah dengan meningkatkan kapasitas menahan air, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara (Simamora, 2021). *Bacillus sp.* merupakan kelompok bakteri menguntungkan yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara, khususnya kalium sehingga lebih mudah diserap tanaman ((Idan *et al.*, 2024; Zendrato & Lase, 2025). Kombinasi keduanya diharapkan mampu meningkatkan kadar C-organik, memperbaiki drainase tanah dan mendukung keberlanjutan pertanian berbasis *eco-farming*.

Berdasarkan kondisi tersebut kegiatan pengabdian ini penting dilakukan untuk meningkatkan kapasitas petani dalam memanfaatkan limbah lokal menjadi produk bermanfaat berupa pupuk hayati kombinasi *biochar* abu sekam dan *bacillus sp.* Metode ini diharapkan terjadi peningkatan kualitas tanah, efisiensi penggunaan pupuk, serta peningkatan produktivitas padi di lahan sawah Poktan Karya Tani Desa Kertosari.

Metode

Lokasi dan Sasaran Kegiatan

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember. Sasaran kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah kelompok tani “Karya Tani” di Desa Kertosari. Terdapat serangkaian kegiatan yang dilaksanakan yakni sosialisasi, pelatihan pembuatan biochar, dan pengaplikasian. Kegiatan sosialisasi dilaksanakan pada tanggal 10 Juli 2025 untuk pemaparan materi pentingnya pemupukan 5 tepat (tepat dosis, tepat tempat, tepat waktu, tepat jenis, tepat guna) dan pada tanggal 15 Juli 2025 dilaksanakan sosialisasi tentang pembuatan biochar abu sekam yang dikombinasikan dengan bakteri *Bacillus sp.* Selanjutnya dilakukan pelatihan pada tanggal 16 Juli 2025. Kemudian dilaksanakan pengaplikasian biochar pada tanggal 26 Juli 2025.

Pelaksanaan Kegiatan

Adapun langkah-langkah pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat terbagi menjadi beberapa tahapan berikut.

1. Observasi terhadap masyarakat dengan melakukan survey lokasi untuk meninjau keadaan masyarakat dan lingkungan sekitar.



(a)



(b)

Gambar 1. Kegiatan (a) Wawancara (b) Pengamatan Kondisi Lahan

2. Sosialisasi terkait pentingnya penerapan penggunaan pupuk 5 tepat dan pentingnya penggunaan kombinasi pupuk hayati dengan biochar abu sekam. Sosialisasi dilaksanakan dengan tujuan untuk menambah pengetahuan petani dalam melakukan pemupukan dengan tepat.



Gambar 2. Kegiatan Sosialisasi

3. Pelatihan pembuatan biochar dengan memanfaatkan abu sekam yang diperoleh dari proses pembakaran industri batu batu di Desa Kertosari.

Gambar 3. Pelatihan Pembuatan Biochar Abu Sekam dan *Bacillus sp.*

4. Pengaplikasian hasil pembuatan biochar yang dikombinasikan dengan *Bacillus sp.* Pengaplikasian dilaksanakan di lahan ketua kelompok tani “Karya Tani”.



Gambar 4. Kegiatan (a) emberian Biochar (b) Dokumentasi dengan Petani

Hasil dan Pembahasan

Proses Pembuatan

Produksi kombinasi *Biochar* Abu Sekam dan Bakteri *Bacillus sp.* di lakukan di rumah ketua kelompok tani dengan menggunakan beberapa bahan seperti abu sekam, kompos, pupuk hayati (*Bacillus sp.*) dan air, selain itu untuk alat yang digunakan yaitu drum, botol, terpal, sekop, dan

sprayer. Berikut merupakan tahapan dalam pembuatan pupuk pembenah tanah melalui kombinasi *Biochar* Abu Sekam dan Bakteri *Bacillus sp.*:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pembuatan pupuk.
2. Mencampurkan kompos dan abu sekam dengan perbandingan 60 kg bahan padat untuk setiap 1 liter *Bacillus sp.*
3. Mengencerkan *Bacillus sp.* sebanyak 1 liter ke dalam 30 liter air, lalu mencampurkannya dengan kompos dan abu sekam. Gunakan total 2 liter *Bacillus sp.* untuk proses ini.
4. Mengaduk campuran hingga merata dan mencapai kondisi lembab agar mikroba dapat berkembang optimal.
5. Memasukkan campuran ke dalam drum, kemudian menutupnya untuk proses fermentasi selama 7 - 14 hari.
6. Mengaduk campuran setiap tiga hari sekali selama masa fermentasi agar proses berjalan merata.

Pupuk pembenah tanah *Biochar* kombinasi abu sekam dan Bakteri *Bacillus sp.* memiliki beberapa kandungan yang dapat meningkatkan kualitas tanah, yaitu karbon organik, silika (SiO_2), nitrogen, fosfor, kalium, oksida logam (Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO , Cu), serta bakteri *Bacillus sp.*



Gambar 5. Produk Pupuk Hayati Fertikal

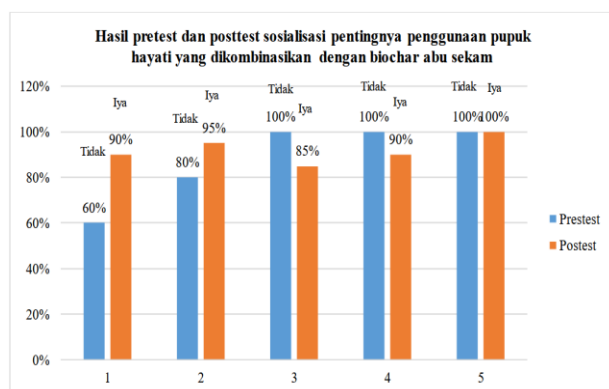
Sosialisasi dan Pelatihan

Pelaksanaan sosialisasi pembuatan pupuk hayati dari kombinasi biochar abu sekam dan bakteri *Bacillus sp.* Di lahan sawah Poktan Karya Tani Desa Kertosari menjadi langkah awal untuk menghadirkan teknologi ramah lingkungan kepada petani. Kegiatan yang dilaksanakan akan memberikan pemahaman kepada petani terkait pentingnya biochar sebagai pembenah tanah yang berkontribusi pada perbaikan struktur tanah serta

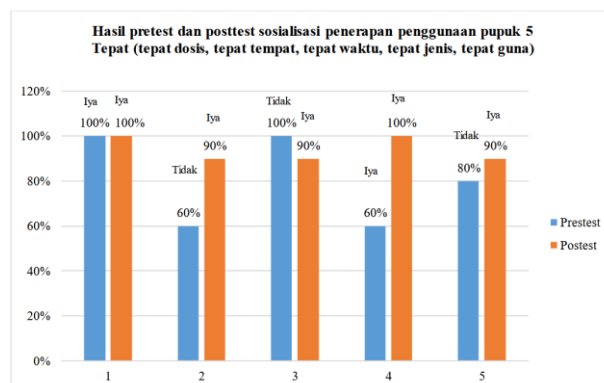
menambah kapasitas air dan hara lebih mudah diserap. Selain itu, sosialisasi yang dilakukan juga di lingkungan pertanian di Desa Kertosari dengan menekankan peranan *Bacillus sp* sebagai agen hayati yang mampu menunjang tanaman padi dalam proses pertumbuhan dan mengurangi pengaplikasian pupuk kimia di lahan. Pemaparan yang disampaikan diharapkan mampu menumbuhkan kesadaran kolektif pada kelompok tani bahwa pengaplikasian teknologi tersebut harus berkelanjutan untuk memperoleh manfaat bagi penambahan hasil panen tanaman yang dibudidayakan, serta tetap memperhatikan keseimbangan.

Hasil Pretest dan Posttest

Kegiatan sosialisasi mengenai penerapan penggunaan pupuk 5 Tepat (tepat dosis, tepat tempat, tepat waktu, tepat jenis, tepat guna) dan sosialisasi pentingnya penggunaan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan biochar abu sekam, diikuti oleh 20 orang petani anggota kelompok tani “Karya Tani”. Sebelum materi disampaikan, peserta terlebih dahulu diminta untuk mengerjakan soal *pretest*. Pengerjaan soal *pretest* bertujuan untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal dari materi yang akan diberikan. Selain dari keaktifan anggota kelompok tani “Karya Tani”, keberhasilan kegiatan Program Mahasiswa Berdesa ini juga dapat dilihat dari hasil *pretest* dan *posttest* kegiatan. Perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* kegiatan sosialisasi disajikan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 6. Grafik perbandingan hasil pretest dan posttest sosialisasi pentingnya penggunaan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan biochar abu sekam



Gambar 7. Grafik perbandingan hasil pretest dan posttest sosialisasi penerapan penggunaan pupuk 5 Tepat (tepat dosis, tepat tempat, tepat waktu, tepat jenis, tepat guna)

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa hasil mengenai sosialisasi pentingnya penggunaan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan biochar abu sekam menunjukkan adanya peningkatan signifikan dari *pretest* ke *posttest*. Pertanyaan yang diajukan kepada peserta mencakup: (1) mengetahui bahwa abu sekam padi bisa dimanfaatkan sebagai bahan pupuk, (2) pernah menggunakan biochar (arang sekam) di lahan sawah, (3) mengetahui fungsi mikroorganisme seperti *Bacillus sp.* dalam menyuburkan tanah, pemahaman mengenai fungsi mikroorganisme seperti *Bacillus sp.* dalam menyuburkan tanah, (4) mengetahui bahwa pupuk hayati bisa mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, dan (5) pengalaman dalam memadukan biochar dengan pupuk hayati.

Sebelum pelaksanaan sosialisasi, sebagian peserta dari kelompok tani “Karya Tani” belum memiliki pemahaman yang cukup mengenai manfaat biochar abu sekam, peran mikroorganisme tanah seperti *Bacillus sp.*, serta fungsi pupuk hayati dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. Namun, setelah sosialisasi dilaksanakan terjadi peningkatan pengetahuan hingga mencapai 85% - 100%. Hal ini menunjukkan bahwa peserta tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga memiliki wawasan terkait pemanfaatan biochar dan pupuk hayati dalam meningkatkan kesuburan tanah.

Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* sosialisasi pada gambar 2, tentang penerapan penggunaan pupuk 5 tepat dengan jumlah soal masing-masing sebanyak 5 pertanyaan yaitu : (1) memahami pentingnya pupuk bagi tanaman, (2)

mengetahui kandungan yang ada pada setiap pupuk, (3) memahami konsep 5T dalam proses pemupukan, (4) memahami kapan waktu yang tepat dalam memberikan pupuk dalam budidaya tanaman, dan (5) memahami jenis pupuk yang diberikan sesuai kebutuhan tanaman.

Kegiatan pretest dilakukan sebelum sosialisasi untuk mengetahui tingkat pemahaman petani terhadap konsep dasar pemupukan. Pemahaman para petani sangat bervariasi dengan rata-rata tingkat pemahaman berkisar 60% - 90%. Pemahaman meningkat mencapai 100% setelah sosialisasi mengenai penggunaan pupuk 5 tepat dilaksanakan. Materi yang dibawa dalam kegiatan sosialisasi untuk memastikan bahwa petani tidak hanya memahami inovasi teknologi pupuk hayati dan biochar, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara efisien dan sesuai dengan kebutuhan lahan serta tanaman.

Perbandingan Pengaplikasian

Hasil analisis tanah setelah pengaplikasian kombinasi biochar abu sekam dan bakteri *Bacillus sp.*, diketahui terjadi perubahan nyata terhadap kadar unsur hara terutama kalium (K) serta penurunan kadar besi (Fe), sebagaimana disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanah sebelum dan sesudah pemberian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.*

Parameter	Tanpa Perlakuan	Kontrol	Perlakuan 2 Minggu	Perlakuan 4 Minggu
Kalium (me/100g)	0.12	0.08	3.13	6.10
Fe (ppm Fe)	63.6	48.4	1.3	0.5

Kalium (K)

Berdasarkan hasil pada tabel 1 menunjukkan bahwa sebelum pengaplikasian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.* kadar kalium hanya mencapai 0.12 me/100g dan pada perlakuan kontrol menjadi 0.08 me/100g. Keduanya nilai tersebut tergolong dalam kategori sangat rendah. Kadar kalium meningkat secara signifikan setelah pengaplikasian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.* selama 2 minggu mencapai 3.13 me/100g dan terus meningkat lebih tinggi setelah 4 minggu pemberian yang mencapai 6.10 me/100g dengan kategori sangat tinggi.

Peningkatan kadar kalium menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati yang mengkombinasikan biochar abu sekam dan *bacillus*

sp. mampu memperbaiki ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Biochar berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah serta memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan porositas tanah hingga 20% dan menurunkan kepadatan tanah hingga 15% (Yuan *et al.*, 2023). Sementara itu, *bacillus sp.* berperan sebagai mikroorganisme pelarut kalium yang mampu melepaskan unsur K dari mineral feldspar dan aluminosilikat, menjadikannya lebih mudah tersedia bagi tanaman. Pemanfaatan *bacillus sp.* dalam pupuk hayati juga berpotensi meningkatkan ketersediaan kalium di tanah untuk memperkuat ketahanan tanaman terhadap berbagai kondisi lingkungan yang kurang optimal (Yaghoubi Khangahi *et al.*, 2018; Elitha *et al.*, 2024).

Besi (Fe)

Kandungan besi (Fe) pada lahan sawah mengalami penurunan setelah pengaplikasian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.* Tabel 1 menunjukkan sebelum pengaplikasian atau tanpa perlakuan kandungan hara Fe mencapai 63.3 ppm, sedangkan perlakuan kontrol mencapai 48.4 ppm. Pengaplikasian biochar dan *bacillus sp.* setelah 2 minggu terlihat kadar Fe dalam tanah menurun menjadi 1.3 ppm dan lebih rendah mencapai 0.5 ppm setelah 4 minggu pengaplikasian. Penurunan kadar Fe menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu menekan kelarutan Fe yang berlebihan di dalam tanah, sehingga mampu mengurangi resiko keracunan Fe pada tanaman.

Bacillus sp. salah satu bakteri penghasil siderofor yang dapat mengikat hara Fe di luar dinding sel, kemudian kompleks siderofor Fe diangkut ke dalam sel melalui reseptor khusus. Pengikatan Fe oleh siderofor secara tidak langsung dapat menekan serangan patogen serta membantu melepaskan fosfat yang sebelumnya terfiksasi oleh ion Fe, sehingga berdampak pada peningkatan pH tanah. Kombinasi biochar sekam padi dan *Bacillus sp.* mampu menurunkan kandungan Fe total dan Fe³⁺ (Tiara *et al.*, 2019).

Kesimpulan

Kegiatan sosialisasi dilaksanakan untuk menambah pemahaman kepada petani terkait pentingnya biochar sebagai pembenah tanah. Berdasarkan hasil pretest dan posttest dapat diketahui jika setelah sosialisasi dilaksanakan

terjadi peningkatan pengetahuan hingga mencapai 85% - 100%.

1. Pengaplikasian kombinasi biochar abu sekam dan bakteri *Bacillus sp.*, mampu meningkatkan kadar unsur hara kalium (K) dan menurunkan kadar besi (Fe). Pemberian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.* selama 2 minggu mencapai 3.13 me/100g dan terus meningkat lebih tinggi setelah 4 minggu pemberian yang mencapai 6.10 me/100g dengan kategori sangat tinggi. Sedangkan Kadar Fe dalam tanah menurun menjadi 1.3 ppm setelah dilakukan pengaplikasian pupuk dan lebih rendah menurun dengan nilai 0.5 ppm setelah 4 minggu pengaplikasian

Kesimpulan

1. Kegiatan sosialisasi dilaksanakan untuk menambah pemahaman kepada petani terkait pentingnya biochar sebagai pembenah tanah. Berdasarkan hasil pretest dan posttest dapat diketahui jika setelah sosialisasi dilaksanakan terjadi peningkatan pengetahuan hingga mencapai 85% - 100%.
2. Pengaplikasian kombinasi biochar abu sekam dan bakteri *Bacillus sp.*, mampu meningkatkan kadar unsur hara kalium (K) dan menurunkan kadar besi (Fe). Pemberian pupuk hayati kombinasi biochar abu sekam dan *bacillus sp.* selama 2 minggu mencapai 3.13 me/100g dan terus meningkat lebih tinggi setelah 4 minggu pemberian yang mencapai 6.10 me/100g dengan kategori sangat tinggi. Sedangkan Kadar Fe dalam tanah menurun menjadi 1.3 ppm setelah dilakukan pengaplikasian pupuk dan lebih rendah menurun dengan nilai 0.5 ppm setelah 4 minggu pengaplikasian

Saran

Penerapan pembuatan dan pengaplikasian kombinasi biochar abu sekam dan bakteri *Bacillus sp* diharapkan tetap dilaksanakan kelompok tani Karya Tani. Hal tersebut tentunya perlu dukungan pemerintah terutama dalam memberikan bantuan sarana dan prasarana. Selain itu, sebagian masyarakat Desa Kertosari memiliki peternakan yang menghasilkan limbah kotoran hewan. Namun, limbah tersebut masih belum ada pengolahan lebih lanjut sehingga perlu adanya pembuatan pupuk

berasal dari kotoran hewan karena potensi pertanian di Desa Kertosari cukup baik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada masyarakat Desa Kertosari yang telah antusias berpartisipasi mengikuti serangkaian kegiatan Pengabdian Masyarakat. Terima kasih juga kepada pemerintah Desa Kertosari dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) yang telah mendukung kegiatan ini sehingga kegiatan bisa berjalan lancar.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. (2024). Kecamatan Pakusari Dalam Angka 2024. <https://jemberkab.bps.go.id/id/publication/2024/09/26/92a06176fc09e21176162120/kecamatan-pakusari-dalam-angka-2024.html>. Diakses pada 26 Februari 2025
- Elita, N., Erlinda, R., Sari, D. A., & Illahi, A. K. (2024). Peningkatan Kualitas Pupuk Hayati Diperkaya dengan Bakteri Pelarut Kalium, Fosfor dan Penambat Nitrogen. *Agroteknika*, 7(4), 655–671.
- Idan, S., Lamusu, D., & Lasamadi, R. D. (2024). Analisis Bakteri Rhizosfer Pada Tanah Kebun Cabai Di Desa Kalolos: Analysis Of Rhizosphere Bacteria In Chili Garden Soil In Kalolos Village. *Babasal Agromu Journal*, 2(2), 149-154.
- Nasyirah, N., Kalsim, D. K., & Saptomo, S. K. (2015). Analisis laju pencucian tanah salin dengan menggunakan drainase bawah permukaan. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 3(2).
- Saputra, E., Putu, S., Susilowati, L. E., & Dewi, R. A. S. (2023). Populasi Bakteri Dan Respirasi Mikroba Tanah Pada Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Yang Diberi Pupuk Terpadu Dan Biochar Sekam Padi Pada Masa Vegetatif Maksimum. *Agroteksos*, 33(2), 680-689.
- Simamora, B. S. M. (2021). Aplikasi Biochar Sekam Padi Dan Bakteri Pelarut Fosfat *Paenibacillus sp.* Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annum L*) Di Medium Ultisol. *Dinamika Pertanian*, 37(3), 209-218.

- Tiara, C. A., Rahmatina, F. D., Fajrianeldi, R., & Maira, L. (2019). Sido-Char Sebagai Pembunuh Keracunan Fe Pada Tanah Sawah. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 6(2), 1243–1250. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.2.5>.
- Ulfiana, D., Ristianti, N. S., Bashit, N., & Windarto, Y. E. (2022). Sistem Paving Block Lolos Air untuk Mendukung Konsep Water Sensitive Urban Design di Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 90–98.
- Yaghoubi Khanghahi, M., Pirdashti, H., Rahimian, H., Nematzadeh, G., & Ghajar Sepanlou, M. (2018). Potassium solubilising bacteria (KSB) isolated from rice paddy soil: from isolation, identification to K use efficiency. *Symbiosis*, 76(1), 13–23. <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0533-0>
- Yuan, Y., Liu, Q., Zheng, H., Li, M., Liu, Y., Wang, X., Peng, Y., Luo, X., Li, F., Li, X., & Xing, B. (2023). Biochar as a sustainable tool for improving the health of salt-affected soils. *Soil and Environmental Health*, 1(3), 100033. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100033>
- Zendrato, E. T. A., & Lase, N. K. (2025). Peran Mikroorganisme dalam Meningkatkan Produktivitas Tanaman: Pendekatan Bioteknologi Berbasis Mikrobiologi Pertanian. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 142-151.